

*FFL* 4-18-01  
Docket No. 0819-0442

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of  
Akihoki ISHIBASHI et al.  
Serial No. 09,692,211  
Filed: October 20, 2000  
For: METHOD OF FABRICATING NITRIDE  
SEMICONDUCTOR DEVICE



) Attention: Applications Branch

**CERTIFICATE OF MAILING**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with  
The United States Postal Service with sufficient postage as First  
Class Mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner  
for Patents, Washington, D.C. 20131, on 2/19/01

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

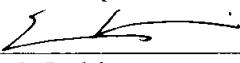
Honorable Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

At the time of filing the above-referenced application, a right of priority under 35 USC 119 was claimed in view of Application No. 11-299640, filed October 10, 1999 in Japan.

Submitted herewith is the certified copy of the priority document to perfect the claim for priority.

Respectfully submitted,

  
Eric J. Robinson  
Reg. No. 38,285

Nixon Peabody LLP  
8180 Greensboro Drive, Suite 800  
McLean, Virginia 22102  
(703) 790-9110

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application: 1999年10月21日

出願番号

Application Number: 平成11年特許願第299640号

出願人

Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2000年10月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2000-3084413

【書類名】 特許願  
【整理番号】 2030211012  
【提出日】 平成11年10月21日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/205  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式  
会社内  
【氏名】 石橋 明彦  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式  
会社内  
【氏名】 木戸口 黙  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式  
会社内  
【氏名】 服藤 憲司  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式  
会社内  
【氏名】 伴 雄三郎  
【特許出願人】  
【識別番号】 000005821  
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100097445  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物半導体素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に窒化物半導体層を積層して窒化物半導体素子を作製する方法であって、該窒化物半導体層を積層する工程のいずれかの間に第一の成長雰囲気圧力から第二の成長雰囲気圧力へ変更する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項2】 第一の成長雰囲気圧力が大気圧以下で第二の成長雰囲気圧力が大気圧以上、または第二の成長雰囲気圧力が大気圧以上で第二の成長雰囲気圧力が大気圧以下であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項3】 大気圧以上の圧力で成長する窒化物半導体層にInを含むことを特徴とする請求項2に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項4】 大気圧以下の圧力で成長する窒化物半導体層に少なくともAlまたはMgを含むことを特徴とする請求項2に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項5】 活性領域が半導体発光素子の活性層であって、量子井戸から成ることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項6】 基板上に窒化物半導体層を積層して窒化物半導体素子を作製する方法であって、窒化物半導体層上に選択的にマスクされた基板または選択的に窒化物半導体の種結晶を備えた基板上に第一の雰囲気圧力において窒化物半導体層を堆積する工程と、該基板の上部に第二の雰囲気圧力において窒化物半導体層を堆積する工程とを備えることを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項7】 第一の成長雰囲気圧力が大気圧以下であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項8】 窒化物半導体層上に選択的にマスクされた基板または選択的に窒化物半導体の種結晶を備えた基板上に第一の温度において窒化物半導体層を堆積する工程と、該基板の上部に第二の温度において窒化物半導体層を堆積する工程とを備えることを特徴とする請求項4に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項9】第二の温度を第一の温度よりも高くすることを特徴とする請求項6に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項10】選択的に種結晶を備えた基板上に堆積する窒化物半導体層がAlGaN ( $1 \geq Al > 0$ ) であることを特徴とする請求項6に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は光情報処理分野などへの応用が期待されている半導体レーザなどのGaN系半導体発光素子の製造方法に関するものである。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

V族元素に窒素(N)を有する窒化物半導体は、そのバンドギャップの大きさから、短波長発光素子の材料として有望視されている。中でも窒化ガリウム系化合物半導体(GaN系半導体:  $Al_xGa_yIn_zN$  ( $0 \leq x, y, z \leq 1, x+y+z=1$ ))は研究が盛んに行われ、青色発光ダイオード(LED)、緑色LEDが実用化されている。また、光ディスク装置の大容量化のために、400nm帯に発振波長を有する半導体レーザが熱望されており、GaN系半導体を材料とする半導体レーザが注目され現在では実用レベルに達している。

##### 【0003】

図8はレーザ発振が達成されているGaN系半導体レーザの構造断面図である。サファイア基板801上に有機金属気相成長法(MOVPE法)によりGaNバッファ層802、n-GaN層803、n-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>N第1クラッド層804、n-GaN第1光ガイド層805、Ga<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N/Ga<sub>1-y</sub>In<sub>y</sub>N ( $0 < y < x < 1$ )から成る多重量子井戸活性層806、p-GaN第2光ガイド層807、p-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>N第2クラッド層808、p-GaNコンタクト層809が成長される。そしてp-GaNコンタクト層809上に幅3から10ミクロン程度の幅のリッジストライプ810が形成され、その両側は絶縁膜811によって埋め込まれる。その後リッジストライプ810および絶縁膜811上に例えばNi/Auから成るp電極812、また一部をn-GaN層803が露出するまでエッチングした表面に例えばTi/Alから成るn電

極813が形成される。本素子においてn電極813を接地し、p電極812に電圧を印可すると、多重量子井戸活性層806に向かってp電極812側からホールが、またn電極813側から電子が注入され、前記多重量子井戸活性層806内で光学利得を生じ、発振波長400nm帯のレーザ発振を起こす。多重量子井戸活性層806の材料である $Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN$ 薄膜の組成や膜厚によって発振波長は変化する。現在室温以上の連続発振が実現されている。

## 【0004】

MOVPE法を用いてGaNを成長させる際には、成長温度を800°C程度とし、またキャリアガスとして窒素を用いることが望ましい（アプライド・フィジクス・レターズ（Applied Physics Letters）、第59巻、p. 2251、1991年）。これに対し、Al0.07Ga0.93Nクラッド層やGaN光ガイド層などの成長温度は高く(>1000°C) またキャリアガスも水素を用いることが一般的である。成長の際の一連のプロセスは、例えば特開平6-196757号公報や特開平6-177423号公報に開示されている。サファイア基板801を水素を流しながら1050°Cで熱処理し、続いて温度を510°Cまで下げ反応ガスのアンモニア(NH3)とトリメチルガリウム(TMG)を流してGaNバッファ層802を堆積する。GaNバッファ層802成長後、TMGの供給を停止し、1030°Cまで昇温させ、水素ガスをキャリアガスとして、TMG、モノシラン(SiH4)を供給してn-GaN層やn-AlGaN(AlGaNの場合、III族原料ガスはトリメチルアルミニウム(TMA)、TMG)を成長させる。その後、原料ガスの供給を止め、温度を800°Cにしてキャリアガスを窒素に切り替え、III族原料ガスとしてトリメチルインジウム(TMI)とTMGを供給して $Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN$ 薄膜(多重量子井戸活性層706)を成長させる。多重量子井戸活性層806成長後、III族原料ガスの供給を止め、再び温度を1020°CとしてTMG、TMA、シクロペンタジエニルマグネシウム(Cp2Mg)等を供給してp-AlGaN層やp-GaN層を成長させる。GaN層(特開平9-186363)やAl0.2Ga0.8N層(例えば、ジャパンニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジクス(Japanese Journal of Applied Physics)、第35巻、p. L74、1996年)を堆積する場合がある。気相成長時における雰囲気の圧力は通常、減圧、大気圧、あるいは1~1.5atm程度の加圧状態が用いられている。

## 【0005】

また、最近サファイア基板上に選択成長等の手段を用いてGaNを成長し基板とGaNの界面に発生する欠陥を抑制する手法が試みられており、特に減圧下での気相成長法により平坦で高品質なGaNが得られることが報告されている。

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

この材料系の成長の際の特徴は、Inを含有する層（即ち多重量子井戸活性層806）とInを含有しない層（GaNやAlGaN）のキャリアガスが異なることである。前者の成長の際には窒素を用い、後者の場合は水素を用いることが一般的である。半導体レーザの作製など多層膜を積層する際にはキャリアガスを途中で切り替える必要がある。また、同時にウエハの温度も変えている。キャリアガス切り替えの際にはIII族ガスの供給は停止しており、ウエハは結晶成長を行っていない平衡状態に置かれていると言える。平衡状態において、1000°C程度の高温や1気圧以下の圧力では、成長した膜からの構成元素の脱離（再蒸発）を生じる恐れがある。特に、多重量子井戸活性層806成長前の下地のn-GaNやn-AlGaN（特開平6-196757号公報や特開平6-177423号公報においてはAl組成は0.1）の品質の劣化は、多重量子井戸活性層706の品質の低下を引き起こし、発光ダイオードや半導体レーザの発光効率の低下、しきい値電流の増大などの弊害を引き起こす。

## 【0007】

また、気相成長の際に大気圧以上の圧力で成長を行うと原料ガスの濃度が高まりTMA及びCp2MgがNH<sub>3</sub>ガスと気相反応して基板に原料が効率的に供給できず、成長レートが極端に低下したり、p型ドーパントであるMgが添加されない等の問題が生じる。また、この問題を回避するために原料のキャリアガス流量を増加させて流速を速める等の方法を用いると大量のガスが反応管に流れ渦や対流等が生じて安定な条件で成長ができない等の問題が生じる。

## 【0008】

従って、本発明は上記の事情を鑑みてなされたものであり、窒化物半導体素子の活性領域やその周辺の結晶品質の向上更には欠陥の低減により、特性の優れた窒化物半導体素子を提供するものである。特に発光素子の発光効率の向上を可能

とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の窒化物半導体素子の製造方法は、基板上に窒化物半導体層を積層して窒化物半導体素子を作製する方法であって、該窒化物半導体層を積層する工程のいずれかの間に第一の成長雰囲気圧力から第二の成長雰囲気圧力へ変更する工程を有することを特徴とする。各層の成長に適切な雰囲気圧力にすることにより、転位の低減、ドーピングの効率化、活性層結晶の高品質化を行うことができる。特に、少なくともInを含有する活性層を大気圧以上の加圧状態で成長し、他の層を減圧下で成長することにより、原料ガスの供給流量を高めることなしに気相中における原料同士の中間反応を抑制でき、効率的で安定に窒化物半導体素子構造の結晶成長が可能となる。

【0010】

また、本発明の窒化物半導体素子の製造方法は、Inを含有する活性層とInを含有しない窒化物半導体層を第一の雰囲気圧力において堆積する工程と、該Inを含有しない窒化物半導体層を堆積した後、第二の雰囲気圧力に切り換える工程とを備えることを特徴とする。

【0011】

また、本発明の窒化物半導体素子の製造方法は、窒化物半導体層上に選択的にマスクされた基板または選択的に窒化物半導体の種結晶を備えた基板上に第一の雰囲気圧力において窒化物半導体層を堆積する工程と、該基板の上部に第二の雰囲気圧力において窒化物半導体層を堆積する工程とを備えることを特徴とする。特に第一の雰囲気圧力は減圧下において行うと窒化物半導体層の横方向の成長が促進されマスク上と合わせて基板全面に平坦な窒化物半導体層が形成され、第二の雰囲気圧力を減圧から大気圧以上の加圧の範囲で適切に切り換えることにより、低欠陥な下地の窒化物半導体層上に高品質な窒化物半導体素子の形成が可能となる。

【0012】

また、本発明の窒化物半導体素子の製造方法は、窒化物半導体層上に選択的に

マスクされた基板または選択的に窒化物半導体の種結晶を備えた基板上に第一の温度において窒化物半導体層を堆積する工程と、該基板の上部に第二の温度において窒化物半導体層を堆積する工程とを備えることを特徴とする。特に、第二の温度を第一の温度よりも高くすることにより、平坦で低欠陥な下地の窒化物半導体層上により配向性の高い高品質な窒化物半導体素子の形成が可能となる。

## 【0013】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。本発明の製造方法は、窒化物半導体の成長方法は有機金属気相成長法（MOVPE）法に限定するものではなく、ハイドライド気相成長法（H-VPE法）や分子線エピタキシー法（MBE法）など、窒化物半導体層を成長させるためにこれまで提案されている全ての方法に適用できる。

## 【0014】

## (実施の形態1)

図1は第1の実施例を示すGaN系半導体レーザの製造方法を工程順に示した構造断面図である。

## 【0015】

図1(a)において、MOVPE法によりサファイア基板101上に500°CでTMGとNH<sub>3</sub>とを供給してバッファ層102を堆積する。その後、1020°Cまで昇温させ、TMG、SiH<sub>4</sub>、TMA等を供給してn-GaNコンタクト層103、n-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層104、n-GaN光ガイド層105、n-Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層106を成長させる。この間のキャリアガスは主に水素であり、成長圧力は約300Torr（約0.4気圧）である。その後、III族原料ガスの供給を止め、圧力を840Torrに、温度を780°Cにしてキャリアガスを窒素に切り替え、図2(b)に示すようにTMGとSiH<sub>4</sub>を供給してn-GaN層107、TMIとTMGを供給して活性層108を成長させる。活性層108の成長後、図1(c)のように温度を1020°Cまで昇温しながらTMG、TMA、Cp<sub>2</sub>Mg等を供給してp-AlGaN活性層蒸発抑制層109を成長した後、III族原料ガスの供給を停止して、圧力を再び400Torrに切り替え、p-GaN光ガイド層110、p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層111、p-GaNコンタクト層112を成長させる。活性層108はAlGaN系多重量子井戸で構成されており、本実施例では

3nm厚のIn0.09Ga0.91N井戸層と6nm厚のIn0.0.1Ga0.91N障壁層が3周期構成されている多重量子井戸構造を用いた。また、活性層108にはSi等のドーパントが添加されていても構わない。780°Cにおけるキャリアガスは不活性ガスであるアルゴン等でも良い。更に、基板はサファイア以外にもSiC、Siでも構わない。

## 【0016】

図2は前記圧力可変型MOVPE装置の概念図である。原料はステンレスや石英等を用いてIII族及びV族原料をそれぞれ独立に供給し、基板203直前で混合する。対流等による基板上でのガスの舞い上がりを抑制するために、窒素、水素、アルゴン等の不活性ガスをサブフローガスとして原料ガスと平行に流す。基板加熱は熱電対201を用いてヒーター202で加熱する。排気系はロータリーポンプ209と反応管206の間に開閉度を調節できるコンダクタンスバルブ208を挿入し、反応管206の圧力をモニターする圧力計207と連動させて、開閉度を調整する等して、減圧から大気圧、さらには数気圧程度の加圧雰囲気に保つことができる。

## 【0017】

これらの結晶成長後、図3のGaN系半導体レーザの素子断面図に示すように、p-GaNコンタクト層112およびp-Al0.1Ga0.9Nクラッド層111を5ミクロン程度の幅のリッジストライプ状に加工し、その両側をSiO<sub>2</sub> 301によって埋め込む。その後p-GaNコンタクト層112上にp側電極302を形成し、またn-GaNコンタクト層103の一部が露出するまでエッチングを行った表面にn側電極303が形成される。本素子においてn側電極303とp側電極302の間に電圧を印可すると、活性層108に向かってp側電極302側からホールが、またn側電極303側から電子が注入され、活性層108内で光学利得を生じ、405nmの波長でレーザ発振を起こす。

## 【0018】

次に、圧力可変型MOVPE法の有効性について説明する。

## 【0019】

図4(a)はAlGaNの成長レートと雰囲気圧力との関係である。圧力が高くなるにつれてレートが極端に減少することがわかった。同様に、図4(b)に示すようにp型GaN中のMg濃度の成長圧力依存性から圧力上昇と共にMgの取り込まれが激減することがわかった。これらの現象は圧力を上昇すると気相中において原料同士の衝突

確率的が増大し、特にTMAとNH<sub>3</sub>、またはCp<sub>2</sub>MgとNH<sub>3</sub>とが中間反応を起こしやすいために基板上に原料が効率的に供給できなくなることが原因と考えられる。図4(c)にAlGaN中Mg濃度の成長圧力依存性を示す。圧力の上昇と共にMgの取り込まれがGaN以上に激減することがわかった。従ってp-AlGaNの成長には減圧雰囲気下が有効であることがわかる。

#### 【0020】

一方Inを含むAlInGaN系の成長では、InNの蒸気圧が高いために窒素抜けによる欠陥を抑制するために、低温で成長するか圧力を上げて蒸発を抑制することが有効と考えられる。そのため従来は大気圧下での常圧MOVPE法の成長手法が大半で、時に加圧MOVPE法の手法もとられていた。しかしながら何れの成長も圧力は常に一定であり、上記のようにAlInGaN系活性層の高品質性を保ちかつその後に続くp-GaN及びp-AlGaNの成長の際に気相中での中間反応抑制を考慮した圧力切り替えの手法は開示されていない。

#### 【0021】

840Torrの加圧成長において中間反応を抑制するために、原料ガス濃度を薄めて原料同士の衝突確率を低減させる目的で、III族原料のキャリアガスである水素や窒素の流量を増大させて成長を行った。図5に示すように気相中間反応が起るトータル流量が40sLm程度ではGaNの成長レートは成長回数を重ねてもほぼ一定で安定なのに対し、それ以上の流量になると流速が速くなり過ぎて原料の熱分解効率が低下してレートが減少したり、渦の発生やほんの少しの反応生成物でガスの流れが変わる等、不安定なガス流となって成長レートが成長回数を重ねる度に安定しなくなるという問題が発生することを見いだした。

#### 【0022】

そこで、本発明のように圧力可変型MOVPE法を用いることにより、Inを含む活性層は圧力を高めて窒素抜け等の欠陥が少なく、他は減圧成長することにより気相中間反応を抑制できるので、安定でかつ高効率に窒化物半導体素子の結晶成長を行えることが可能となった。

#### 【0023】

In系の活性層を成長した後、p型のGaNガイド層やAlGaNクラッド層を活性層よ

りも高温かつ減圧で成長する前に、p型AlGaNを圧力は活性層と同じ加圧のまま成長しながら活性層の成長温度から昇温する目的は、昇温により活性層のInNが分解して品質を低下させることを抑制するためであり、成長レートを1nm/分程度に十分遅くすれば、活性層蒸発抑制層としての機能を十分にはたせるMgドープのp型AlGaNが成長できる。Inを含む活性層をp-AlGaNで覆いつくせば、ここで雰囲気圧力を加圧から減圧に、またキャリアガス種を窒素から水素に切り替えても活性層に何らのダメージも与えることもない。

## 【0024】

本発明の製造方法に従って加圧成長によりデバイスを作製した結果、半導体レーザのしきい値電流が約1/2に大きく低減できた。

## 【0025】

本発明では活性層を加圧に、他の層は減圧にする場合で説明したが、p型GaN及びp型AlGaNを除く他の層では大気圧と同等以上の圧力で成長しても良い。これは気相中間反応の影響がほとんど無いためである。また圧力の切り替え時は本実施例のように必ずしも成長中断を行う必要はなく、III族原料の供給を低減させる等して成長レートを下げ連続的に成長を行ってもよい。

## 【0026】

本発明では、GaN系半導体レーザを例に取って説明したが、発光ダイオードや電子デバイス等の活性領域を成長させる際にも本発明の効果は大きいことは言うまでもない。発光ダイオードでは発光効率を向上させることができる。また、電子デバイスではキャリアの移動度が大きく向上する。

## 【0027】

## (実施の形態2)

実施の形態1では活性層の結晶品質を向上と原料の気相中間反応を抑制するために、活性層周辺において圧力を成長中に変化させる方法について説明した。ここでは、活性層の品質を向上させるためのもう一つの方法について述べる。

## 【0028】

図6に示すようにサファイア基板601上に選択的にGaNリッジストライプ602を形成し、GaNリッジストライプ602を種結晶としてn-AlGaN層603、n-AlGaNクラッド

層604を形成する。MOVPE結晶成長方法や原料は実施例1と同様である。ただし、圧力は100Torrの減圧で、n-AlGaN層603、n-AlGaNクラッド層604の成長温度はそれぞれ950°C、1050°Cである。リッジストライプを種結晶としてAlGaN層603の結晶成長を行う場合、基板上の種周辺に原料を集めるために成長温度を低くし、かつ圧力を減圧(400Torr)にして原料同士の衝突を抑えて種結晶から一様に横方向(基板面に平行)に成長させることが有効であることが実験で判明した。更に、低温で成長したAlGaN層はc軸配向性等の結晶性が低いので、これより約100°C程度高い温度においてn-AlGaNクラッド層604を成長することにより高い結晶性のn-AlGaNが成長できることがわかった。

#### 【0029】

磷酸/硫酸系のエッチャントを用いてエッチピット密度を観察すると、通常のようにサファイア上に成長したn-AlGaNに比べて約2桁程度、表面全体にわたり欠陥が低減されていることを確認した。なお、本発明では基板はサファイアで説明したが、基板はサファイア以外にもSiC、Siでも構わない。また、GaNリッジストライプはAlやInを含んでいてもAlGaN層の種結晶になり得るので構わない。

#### 【0030】

次に実施例1と同様に、n-GaNガイド層605、InGaN/InGaN多重量子井戸活性層606、p-AlGaN蒸発抑制層607、p-GaNガイド層608、p-AlGaNクラッド層609、p-GaNコントラクト層610を順次成長し、p型層にリッジを形成して絶縁膜613で電流狭窄を行う。最後に陽電極611、陰電極612を形成する。成長圧力は実施例1と同様にInGaN/InGaN多重量子井戸活性層606の成長直前に840Torrに切り替え、p-AlGaN蒸発抑制層607の成長後、再び減圧400Torrに切り替える。

#### 【0031】

本実施例では活性層を加圧に、他の層は減圧にする場合で説明したが、実施例1と同様にp型GaN及びp型AlGaNを除く他の層では大気圧と同等以上の圧力で成長しても良い。

#### 【0032】

本発明のように、成長圧力を減圧と加圧との間で切り替えることにより、低欠陥密度のn-AlGaNクラッド層上に高品質なInGaN系多重量子井戸を作製でき、かつ

気相中間反応を抑制して効率的、安定にP-AlGaN、p-GaN層を成長させることができた。

### 【0033】

本発明の製造方法に従って加圧成長によりデバイスを作製した結果、半導体レーザのしきい値電流が約1/2に大きく低減でき、またデバイス寿命も室温において連続動作で1万時間以上可能となり飛躍的な特性の向上が見られた。

### 【0034】

本発明では、GaN系半導体レーザを例に取って説明したが、発光ダイオードや電子デバイス等の活性領域を成長させる際にも本発明の効果は大きいことは言うまでもない。発光ダイオードでは発光効率を向上させることができる。また、電子デバイスではキャリアの移動度が大きく向上する。

### 【0035】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の窒化物半導体素子の製造方法は、Inを含有する活性層を加圧で、Al、Mgを含有する層を減圧雰囲気で積層させることで、活性層の結晶品質を大きく向上させかつp型層を成長する際に原料効率の低下や成長レートの不安定化を招く気相中間反応を回避することができるので、発光ダイオード、半導体レーザ等のデバイス特性を向上させることができる。

### 【0036】

また、本発明の窒化物半導体素子の製造方法は、GaNリッジストライプを有した基板を用いて成長圧力を減圧と加圧との間で切り替えることにより選択成長で低欠陥なAlGaN層上に高品質なInを含有する活性層を形成できるので、発光ダイオード、半導体レーザ等のデバイス特性を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の第1の実施の形態を示すGaN系半導体レーザの製造方法を工程順に示した構造断面図

##### 【図2】

本発明の第1及び第2の実施の形態に用いる気相成長装置の概念図

【図3】

本発明の第1の実施の形態を示すGaN系半導体レーザの素子断面図

【図4】

本発明の第1及び第2の実施の形態における圧力切り替え効果を示す図

【図5】

本発明の第1及び第2の実施の形態におけるトータル流量と成長率の関係を示す図

【図6】

本発明の第2の実施の形態を示すGaN系半導体レーザの製造方法の1工程を示した構造断面図

【図7】

本発明の第2の実施の形態を示すGaN系半導体レーザの素子断面図

【図8】

従来のGaN系量子井戸半導体レーザの素子断面図

【符号の説明】

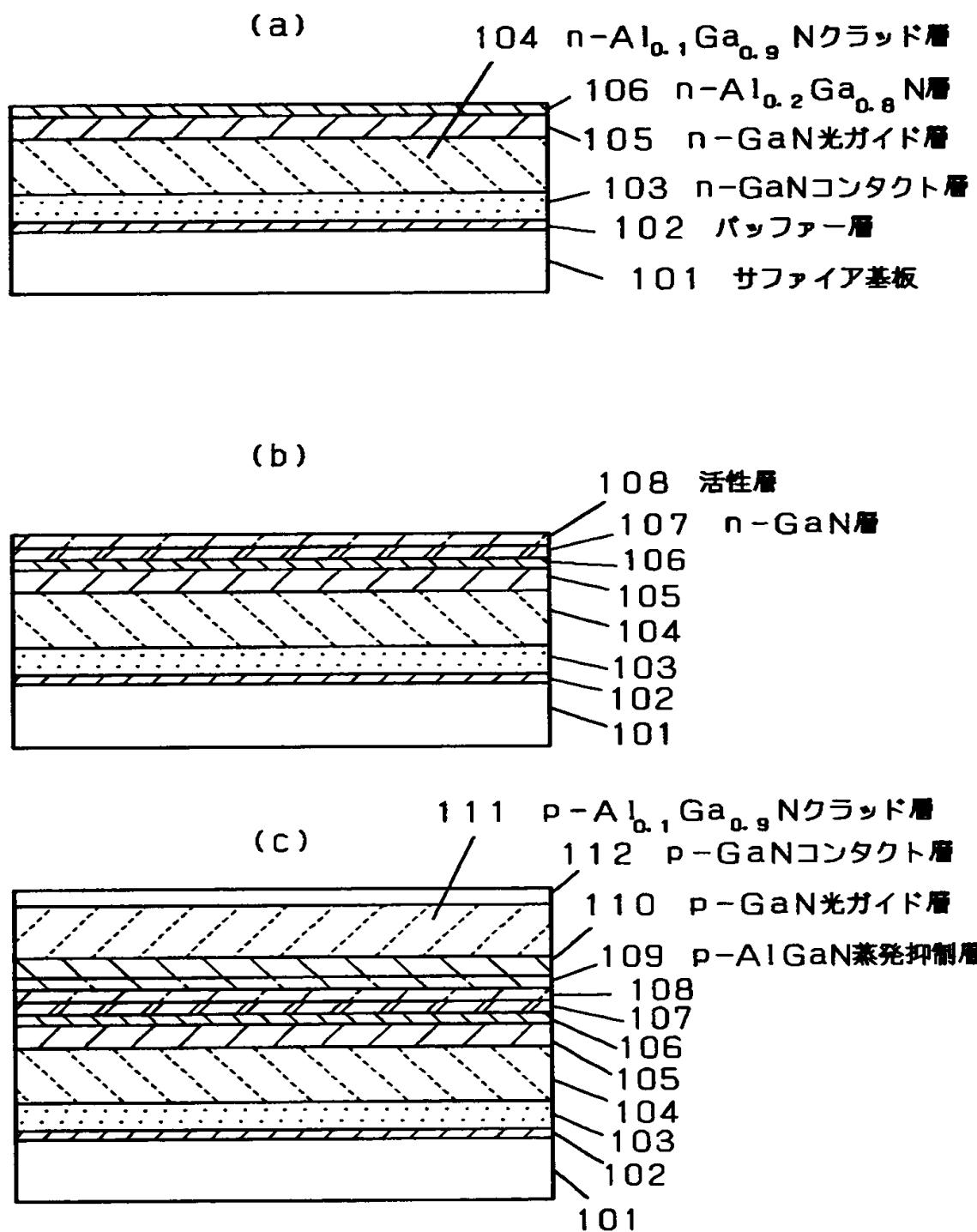
- 101 サファイア基板
- 102 バッファ層
- 103 n-GaNコンタクト層
- 104 n-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層
- 105 n-GaN光ガイド層
- 106 n-Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層
- 107 n-GaN層
- 108 活性層
- 109 p-AlGaN蒸発抑制層
- 110 p-GaN光ガイド層
- 111 p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層
- 112 p-GaNコンタクト層
- 201 熱電対
- 202 ヒーター

- 203 基板
- 204 サセプター
- 205 原料ガス供給ノズル
- 206 反応室
- 207 圧力計
- 208 コンダクタンスバルブ
- 209 ロータリーポンプ
- 210 排ガス処理装置
- 301 SiO<sub>2</sub>
- 302 p側電極
- 303 n側電極
- 601 サファイア基板
- 602 GaNリッジストライプ
- 603 n-AlGaN層
- 604 n-AlGaNクラッド層
- 605 n-GaNガイド層
- 606 InGaN/InGaN多重量子井戸活性層
- 607 p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N蒸発抑制層
- 608 p-GaNガイド層
- 609 p-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nクラッド層
- 610 p-GaNコンタクト層
- 611 陽電極
- 612 陰電極
- 613 絶縁膜
- 801 サファイア基板
- 802 GaNバッファ層
- 803 n-GaN層
- 804 n-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>N第1クラッド層
- 805 GaN第1光ガイド層

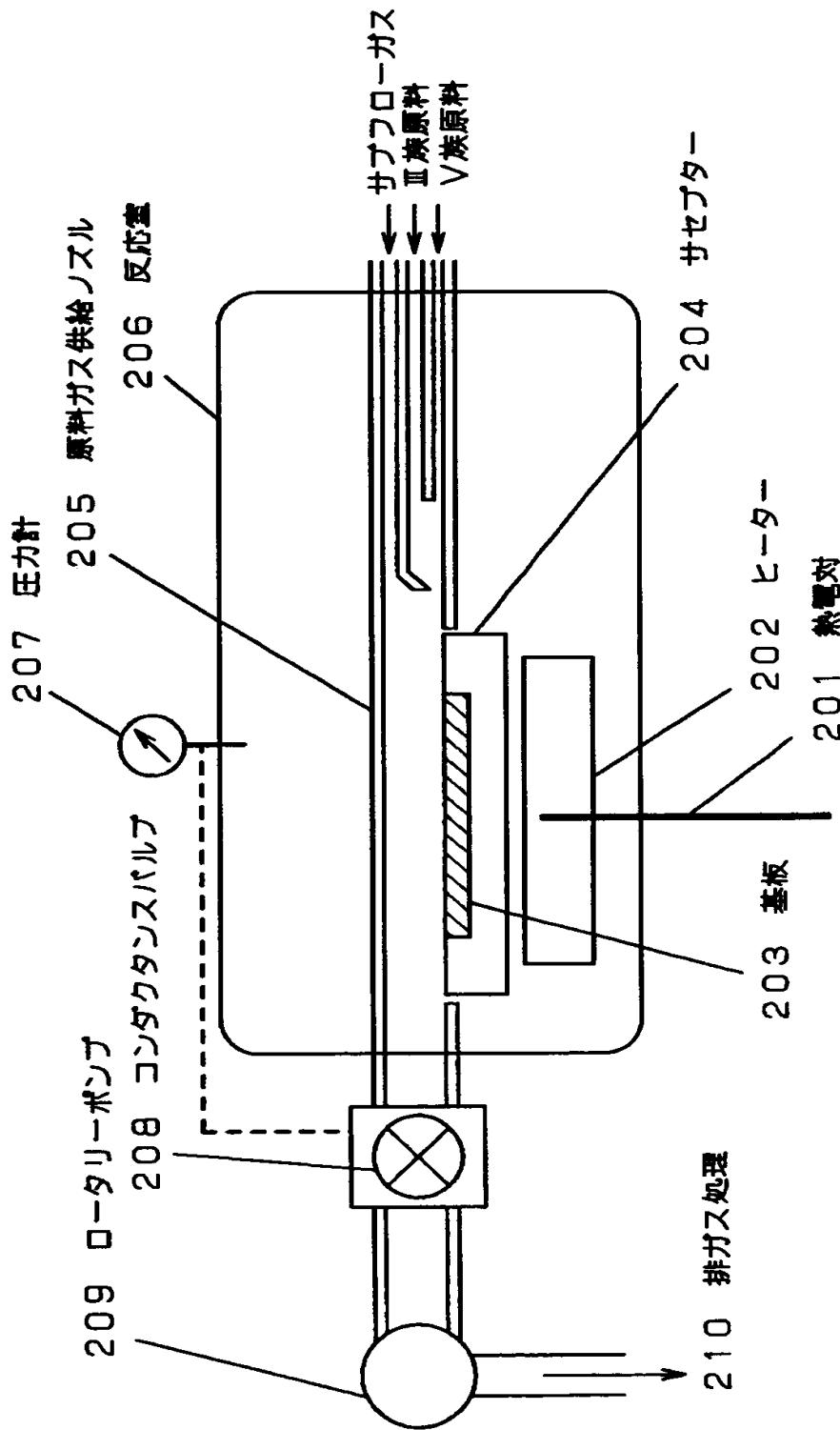
- 806 多重量子井戸層活性層
- 807 GaN第2光ガイド層
- 808 p-Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>N第2クラッド層
- 809 p-GaNコンタクト層
- 810 リッジストライプ
- 811 絶縁膜
- 812 p電極
- 813 n電極

【書類名】 図面

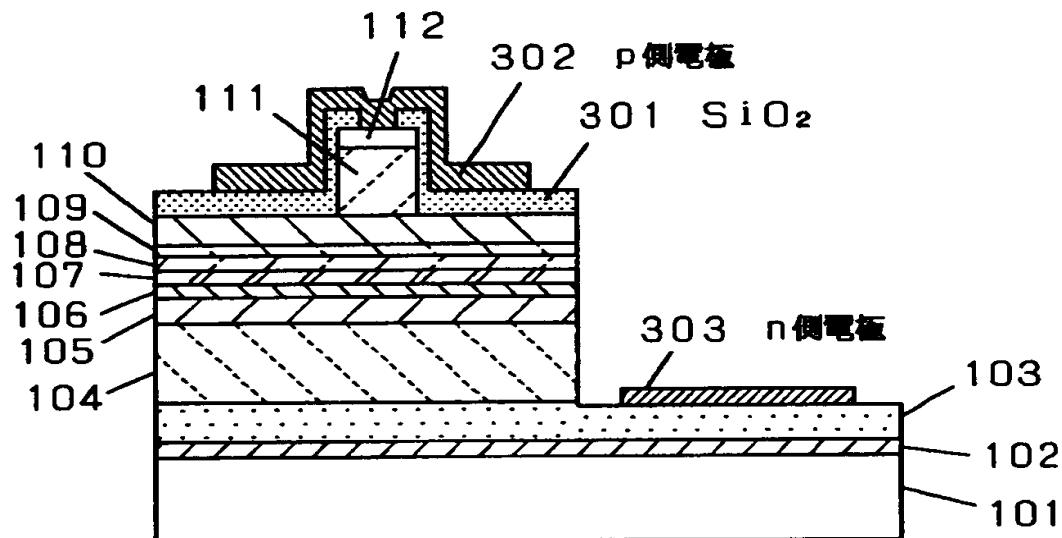
【図1】



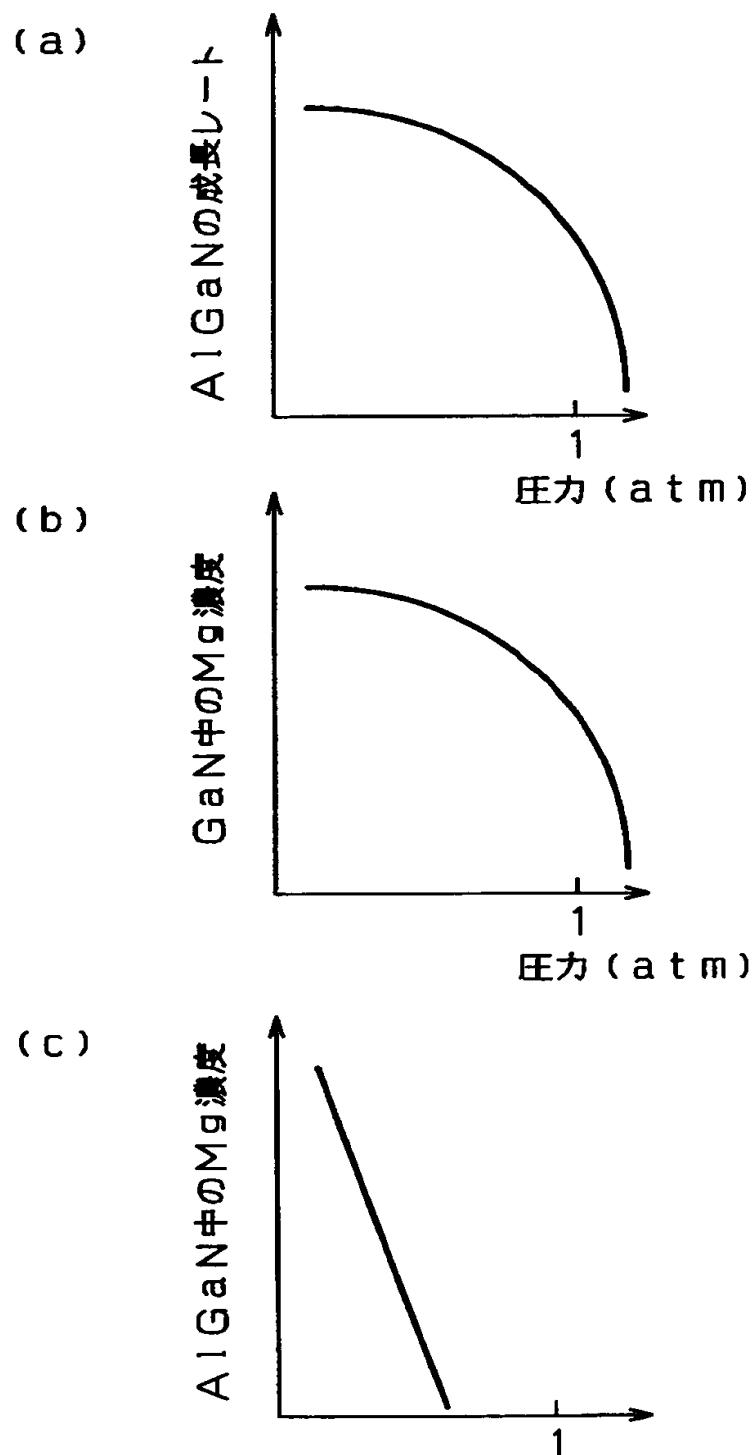
【図2】



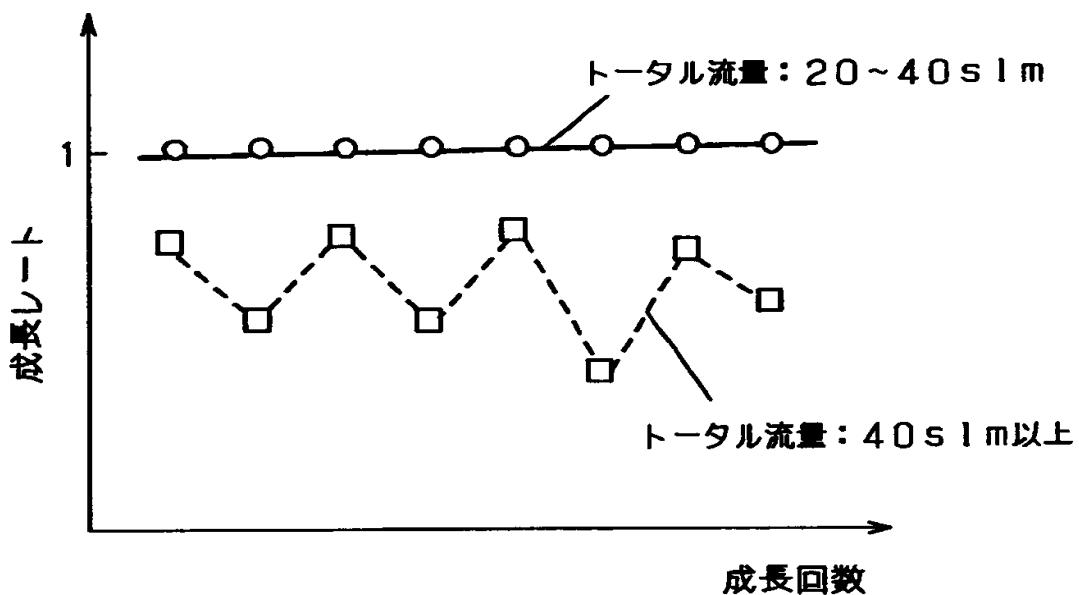
【図3】



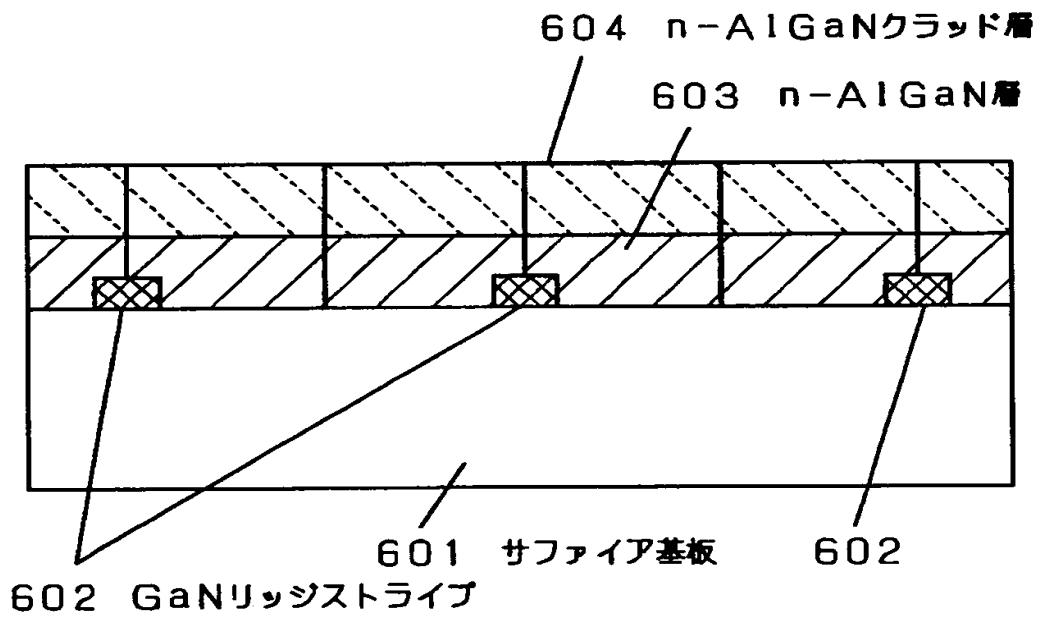
【図4】



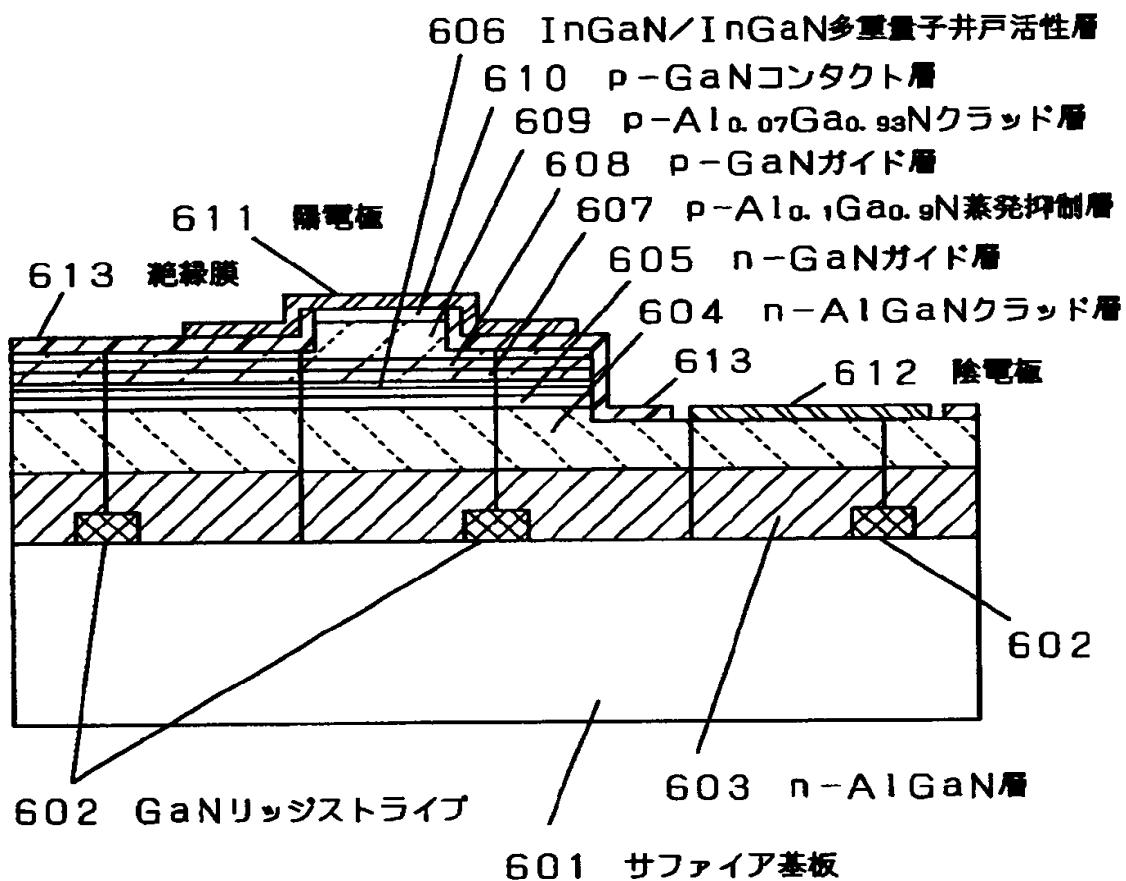
【図5】



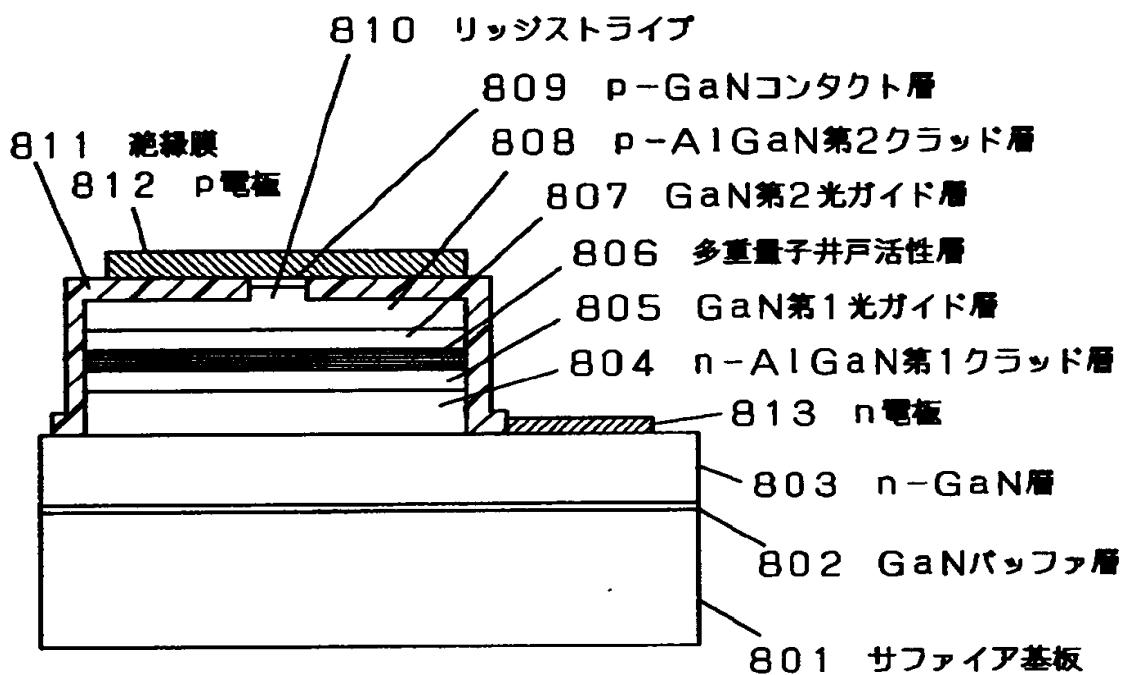
【図6】



【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 基板上に窒化物半導体層を積層する際に活性層の品質の劣化及び原料の気相中間反応を抑制し、半導体発光素子のデバイス特性を向上させる。

【解決手段】 基板上に窒化物半導体層を積層する際に、GaN活性層成長時に圧力を大気圧以上の加圧に切り替え、更にp-AlGaN、p-GaN成長時に圧力を大気圧以下の減圧に切り替えることにより、空孔等の欠陥による活性層の品質劣化を抑制し、かつTMA、Cp2Mg、NH<sub>3</sub>の気相中間反応を抑制して原料の供給効率を上げることができ、窒化物半導体デバイスの結晶品質を大きく向上させることができる。

【選択図】 図 1

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏 名 松下電器産業株式会社